

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2000-104137

(43)Date of publication of application : 11.04.2000

(51)Int.Cl.

C22C 23/02
B21J 5/00
C22F 1/06
C23C 14/08
F01L 1/14
// C22F 1/00

(21)Application number : 10-278507

(71)Applicant : MAZDA MOTOR CORP

(22)Date of filing : 30.09.1998

(72)Inventor : SAKAMOTO KAZUO
YAMAMOTO YUKIO
ISHIDA YASUAKI

(54) MAGNESIUM ALLOY FORGING STOCK, FORGED MEMBER AND PRODUCTION OF THE FORGED MEMBER

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a relatively inexpensive Mg alloy forging stock excellent in mechanical properties and forgeability at ordinary temps. and high temps., to provide a forged member and to provide a method for producing the forged member.
SOLUTION: This magnesium alloy forging stock contains at least aluminum and calcium and has $\geq 70\%$ limit upsetting ratio at 300°C . Moreover, it contains, by weight, 2 to 6% aluminum and 0.5 to 4% calcium and has $\leq 300\text{ }\mu\text{m}$ average crystal grain size.

LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 12.03.2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 12.07.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2000-104137

(P2000-104137A)

(43) 公開日 平成12年4月11日 (2000.4.11)

(51) Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テームコード* (参考)
C 2 2 C 23/02		C 2 2 C 23/02	3 G 0 1 6
B 2 1 J 5/00		B 2 1 J 5/00	D 4 E 0 8 7
C 2 2 F 1/06		C 2 2 F 1/06	
C 2 3 C 14/08		C 2 3 C 14/08	
F 0 1 L 1/14		F 0 1 L 1/14	B
審査請求 未請求 請求項の数15 O L (全 12 頁) 最終頁に続く			

(21) 出願番号 特願平10-278507

(22) 出願日 平成10年9月30日 (1998.9.30)

(71) 出願人 000003137

マツダ株式会社

広島県安芸郡府中町新地3番1号

(72) 発明者 坂本 和夫

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(72) 発明者 山本 幸男

広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
株式会社内

(74) 代理人 100062144

弁理士 青山 葆 (外1名)

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 マグネシウム合金鍛造素材、及び鍛造部材並びに該鍛造部材の製造方法

(57) 【要約】

【課題】 常温及び高温での機械的特性並びに鍛造性に優れ、かつ比較的低廉な、Mg合金鍛造素材及び鍛造部材並びに該鍛造部材の製造方法を提供する。

【解決手段】 マグネシウム合金鍛造素材において、少なくともアルミニウムとカルシウムとを含有し、300℃において70%以上の限界据え込み率を有することを特徴とし、また、2重量%以上で6重量%以下のアルミニウム及び0.5重量%以上で4重量%以下のカルシウムを含有し、平均結晶粒径が300μm以下であることを特徴とする。

【特許請求の範囲】

【請求項1】 少なくともアルミニウムとカルシウムとを含有し、300℃において70%以上の限界据え込み率を有することを特徴とするマグネシウム合金鍛造素材。

【請求項2】 2重量%以上で6重量%以下のアルミニウム及び0.5重量%以上で4重量%以下のカルシウムを含有し、平均結晶粒径が300μm以下であることを特徴とするマグネシウム合金鍛造素材。

【請求項3】 アルミニウム含有量に対するカルシウム含有量の比率が0.8以下であることを特徴とする請求項1または請求項2に記載のマグネシウム合金鍛造素材。

【請求項4】 鍛造加工に先立って射出成形にて所定形状に予備成形されて成ることを特徴とする請求項1～請求項3のいずれか一に記載のマグネシウム合金鍛造素材。

【請求項5】 請求項1～請求項4のいずれか一に係るマグネシウム合金鍛造素材であって2重量%以上で6重量%以下のアルミニウム及び0.5重量%以上で4重量%以下のカルシウムを含有したマグネシウム合金鍛造素材を熱間鍛造することを特徴とするマグネシウム合金鍛造部材の製造方法。

【請求項6】 上記マグネシウム合金鍛造素材であってアルミニウム含有量に対するカルシウム含有量の比率が0.8以下のものを、400[mm/秒]以上の鍛造速度で熱間鍛造することを特徴とする請求項5記載のマグネシウム合金鍛造部材の製造方法。

【請求項7】 上記熱間鍛造における鍛造温度が250℃～400℃の範囲であることを特徴とする請求項5または請求項6に記載のマグネシウム合金鍛造部材の製造方法。

【請求項8】 上記熱間鍛造に先立って上記鍛造素材に、300℃～500℃の温度範囲で5時間～50時間保持する熱処理を施すことを特徴とする請求項5～請求項7のいずれか一に記載のマグネシウム合金鍛造部材の製造方法。

【請求項9】 上記熱間鍛造における鍛造率が10%以上であることを特徴とする請求項5～請求項8のいずれか一に記載のマグネシウム合金鍛造部材の製造方法。

【請求項10】 上記熱間鍛造で得られた鍛造部材に、100℃～250℃の温度範囲で5時間～50時間保持する熱処理を施すことを特徴とする請求項5～請求項9のいずれか一に記載のマグネシウム合金鍛造部材の製造方法。

【請求項11】 少なくともアルミニウムとカルシウムとを含有するマグネシウム合金鍛造素材を鍛造して得られる鍛造部材であって、150℃において220MPa以上の引張強度を有することを特徴とするマグネシウム合金鍛造部材。

【請求項12】 上記マグネシウム合金鍛造部材が、内燃機関に組み込まれるバルブリフタであることを特徴とする請求項11記載のマグネシウム合金鍛造部材。

【請求項13】 上記バルブリフタの冠面部の鍛造率が20%以上であることを特徴とする請求項12記載のマグネシウム合金鍛造部材。

【請求項14】 上記バルブリフタの冠面部の表面にニッケルメッキ処理が施されていることを特徴とする請求項13記載のマグネシウム合金鍛造部材。

【請求項15】 上記バルブリフタの冠面部の表面に鉄溶射処理が施されていることを特徴とする請求項13記載のマグネシウム合金鍛造部材。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】この発明は、少なくともアルミニウムとカルシウムとを含有したマグネシウム合金鍛造素材及び鍛造部材並びに該鍛造部材の製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】周知のように、マグネシウム（以下、適宜、その元素記号Mgで表示する。）合金は、現在実用化されている金属材料の中で最も低密度（軽量）であり、例えば、より一層の燃費向上が求められている自動車などにおいても、更なる軽量化を達成することなどを目的として、従来用いられていた軽量材料としてのアルミニウム（以下、適宜、その元素記号Alで表示する。）合金などに替えて、各種部品等の材料としてその採用が拡大しつつある。

【0003】上記Mg合金は、鍛造を含む塑性加工あるいは鋳造や射出成形を含む成形などにより加工が可能で、例えば、本願出願人は、特許第2676466号（以下、これを従来技術1と称する。）において、6重量%～12重量%のAlを含有したMg合金からなる鍛造部材を鍛造し、その鍛造後に所謂T6熱処理（溶体化処理後に人工時効処理を行う熱処理）を施すようにしたMg合金製部材を提案した。

【0004】また、本願出願人は、特開平9-272945号公報（以下、これを従来技術2と称する。）において、耐クリープ特性を確保しつつ優れた成形性や延び率を得ることなどを目的として、2重量%～6重量%のAlおよび0.5重量%～4重量%のカルシウム（以下、適宜、その元素記号Caで表示する。）を含有し、かつ、Ca/Al比が0.8以下のMg合金を、半溶融状態で射出成形するようにした耐熱Mg合金部材を開示した。

【0005】更に、特開平9-263871号公報（以下、これを従来技術3と称する。）では、高温と室温の両方について強度の信頼性が求められる自動車用エンジン部品として適用し得る室温強度および高温強度に優れたMg合金製品を得ることなどを目的として、希土類

-Ca又はY系のMg合金を熱間鍛造するようにした高強度Mg合金製の熱間鍛造品が開示されている。

【0006】上記Mg合金は、例えば自動車においてもホイールなどの材料として既に実用に供されているのであるが、このMg合金を、温度的あるいは強度的により使用条件が厳しい例えば内燃機関（エンジン）周りの機構部品（例えばエンジン吸排気バルブのバルブリフタ等）などの材料として適用することを考えた場合、常温での強度特性はもとより、例えば、150℃程度の高温においても一定以上（例えば220MPa以上）の高い引張強度や優れた耐クリープ特性が求められる。更に、上記バルブリフタの場合、シリンダヘッドの孔部壁面およびカムと摺接する（若しくはカムと摺接する調整シムと接する）冠面部には高い耐磨耗特性が要求される。

【0007】上記のようなある程度の高温（例えば150℃程度）で一定以上（例えば220MPa以上）の高い引張強度や優れた耐クリープ特性などの機械的特性を確保することが求められる場合、鑄造や射出成形などの成形加工では所要の特性を安定して得ることは一般に難しく、加工時に緻密な材料組織が得られる塑性加工、特に、一定以上の鍛造率で鍛造することが最も好ましい。従って、Mg合金としては、上記のような機械的特性を得る上で、良好な鍛造成を確保する必要がある。

【0008】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、上記従来技術1の場合には、鍛造性は確保できるものの、Al含有量が多いので耐クリープ特性が低く、高温での使用に適するものではない。AlとMgとは耐クリープ特性等の高温特性に悪影響を及ぼす化合物を形成し易いことが知られており、Al含有量が一定以上多いと、高温域でこの有害な化合物が多数析出して耐クリープ特性を確保できなくなるからである。また、従来技術2の場合には、あくまでも射出成形品であるので、鍛造品のような高い機械的特性、特に高温での安定した強度を確保することが難しく、適用可能な対象範囲は、鍛造品に比べてかなり限られたものと成らざるを得ない。更に、従来技術3の場合には、高価な希土類元素を含有するものであるので、非常にコスト高となり、実用性に欠けるという難点があった。

【0009】この発明は、上記諸問題に鑑みてなされたもので、常温および高温での機械的特性に優れ、また、鍛造性に優れ、かつ比較的低廉な、マグネシウム合金鍛造素材及び鍛造部材並びに該鍛造部材の製造方法を提供することを目的とする。

【0010】

【課題を解決するための手段】本願発明者らは、上記の技術的課題に鑑みて鋭意研究を重ねた結果、少なくともAl及びCaを含有したMg合金製の鍛造素材において、Ca量が一定以下（4重量%以下）の範囲においてはこのCa含有量が高いほど耐クリープ特性が向上する

こと、及びAl量が一定以下（6重量%以下）の範囲では耐クリープ特性が良好に維持されること、また、Al量が一定以上（2重量%以上）の範囲では高温（150℃）で高い引張強度（220MPa以上）が確保できること、更に、Ca/Al比（Al含有量（重量）に対するCa含有量（重量）の比率）が一定以下（0.8以下）の範囲では所要の鍛造率を確保した上で高速鍛造における割れ発生率を極めて低く抑制できること、また更に、鍛造素材の平均結晶粒径が小さいほど鍛造時に高い限界据え込み率を確保できることを見出した。

【0011】そこで、本願の請求項1の発明（以下、第1の発明という）に係るMg合金鍛造素材は、少なくともAlとCaとを含有し、300℃において70%以上の限界据え込み率を有することを特徴としたものである。

【0012】ここに、限界据え込み率を70%以上としたのは、上記Mg合金鍛造素材を鍛造して得られる鍛造部材を、例えばエンジンのバルブリフタなど一定以上の高い強度を要する部材・部品等に用いる場合には、70%以上の限界据え込み率を確保することが好ましいからである。また、この場合において、鍛造温度が300℃であれば、鍛造温度の上昇による鍛造性向上効果が飽和する温度よりも低く、かつ、高温酸化が問題となる400℃よりも十分に低く、高温での酸化による悪影響も回避できる。

【0013】また、本願の請求項2の発明（以下、第2の発明という）に係るMg合金鍛造素材は、2重量%以上で6重量%以下のAl及び0.5重量%以上で4重量%以下のCaを含有し、平均結晶粒径が300μm以下であることを特徴としたものである。

【0014】ここに、Al含有量の下限値を2重量%としたのは、Al量がこの値を下回ると高温（150℃）で十分な引張強度（220MPa以上）を確保することが難しくなるからであり、また、Al含有量の上限値を6重量%としたのは、Al量がこの値を越えると耐クリープ特性が低下するからである。一方、Ca含有量の下限値を0.5重量%としたのは、Ca量がこの値を下回ると耐クリープ特性が低下するからであり、また、Ca含有量の上限値を4重量%としたのは、Ca量がこの値を越えて増加しても耐クリープ特性向上の効果が飽和するからである。更に、鍛造素材の平均結晶粒径が300μm以下としたのは、平均結晶粒径がこの値を下回ると、所要の（50%以上の）限界据え込み率を確保することが難しくなるからである。

【0015】更に、本願の請求項3に係る発明（以下、第3の発明という）は、上記第1または第2の発明において、Al含有量に対するCa含有量の比率（Ca/Al比）が0.8以下であることを特徴としたものである。

【0016】ここに、上記Ca/Al比を0.8以下と

したのは、この範囲であれば、所要の鍛造率（50％）を確保した上で、高速鍛造においても割れ発生率を極めて低く抑えることができるからである。

【0017】また、更に、本願の請求項4に係る発明（以下、第4の発明という）は、上記第1～第3のいずれか一の発明において、鍛造加工に先立って射出成形にて所定形状に予備成形されていることを特徴としたものである。

【0018】また、更に、本願の請求項5の発明（以下、第5の発明という）に係るMg合金鍛造部材の製造方法は、上記第1～第4の発明のいずれか一の係るMg合金鍛造素材であって2重量%以上で6重量%以下のAl及び0.5重量%以上で4重量%以下のCaを含有したMg合金鍛造素材を熱間鍛造することを特徴としたものである。

【0019】ここに、Al含有量の下限値を2重量%としたのは、Al量がこの値を下回ると高温（150℃）で十分な引張強度（220MPa以上）を確保することが難しくなるからであり、また、Al含有量の上限値を6重量%としたのは、Al量がこの値を越えると耐クリープ特性が低下するからである。一方、Ca含有量の下限値を0.5重量%としたのは、Ca量がこの値を下回ると耐クリープ特性が低下するからであり、また、Ca含有量の上限値を4重量%としたのは、Ca量がこの値を越えて増加しても耐クリープ特性向上の効果が飽和するからである。

【0020】また、更に、本願の請求項6に係る発明（以下、第6の発明という）は、上記第5の発明において、上記Mg合金鍛造素材であってAl含有量に対するCa含有量の比率（Ca/Al比）が0.8以下のものを、400[mm/秒]以上の鍛造速度で熱間鍛造することを特徴としたものである。

【0021】ここに、上記Ca/Al比を0.8以下としたのは、この範囲であれば、所要の鍛造率（50％）を確保した上で、高速鍛造においても割れ発生率を極めて低く抑えることができるからである。また、鍛造速度を400[mm/秒]以上としたのは、例えばエンジンのバルブリフタなどの機構部品等の部品類を製造する際には、この程度の鍛造速度を確保して生産性を高めることが求められるからである。

【0022】また、更に、本願の請求項7に係る発明（以下、第7の発明という）は、上記第5または第6の発明において、上記熱間鍛造における鍛造温度が250℃～400℃の範囲であることを特徴としたものである。

【0023】ここに、鍛造温度の下限値を250℃としたのは、鍛造温度がこの値以上であれば、良好な限界据え込み率（70%以上）を確保して、例えばエンジンのバルブリフタなど一定以上の高い強度を要する部材・部品等にも適用することが可能だからであり、また、鍛造温度の上限値を400℃としたのは、鍛造温度がこの値

を越えると、鍛造温度の上昇による鍛造性向上効果が飽和し、しかも、酸化し易くなるからである。

【0024】また、更に、本願の請求項8に係る発明（以下、第8の発明という）は、上記第5～第7の発明のいずれか一において、上記熱間鍛造に先立って上記鍛造素材に、300℃～500℃の温度範囲で5時間～50時間保持する熱処理を施すことを特徴としたものである。

【0025】ここに、熱処理温度の下限値を300℃としたのは、それ未満では、熱処理による鍛造成形性の向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度の上限値を500℃としたのは、それより高くしても鍛造成形性の向上効果が飽和する上に、酸化や部分的な溶解の起こることが有り、メリットが無いからである。一方、熱処理温度保持時間の下限値を5時間としたのは、それ未満では、熱処理による鍛造成形性の向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度保持時間の上限値を50時間としたのは、それより長時間熱処理しても鍛造成形性の向上効果は飽和するからである。

【0026】また、更に、本願の請求項9に係る発明（以下、第9の発明という）は、上記第5～第8の発明のいずれか一において、上記熱間鍛造における鍛造率が10%以上であることを特徴としたものである。

【0027】ここに、上記鍛造率を10%以上としたのは、鍛造率がこの値を下回ると、実用上、鍛造前の素材内部の微視的な欠陥を潰して素材を鍛錬する効果を得ることが難しいからである。

【0028】また、更に、本願の請求項10に係る発明（以下、第10の発明という）は、上記第5～第9の発明のいずれか一において、上記熱間鍛造で得られた鍛造部材に、100℃～250℃の温度範囲で5時間～50時間保持する熱処理を施すことを特徴としたものである。

【0029】ここに、熱処理温度の下限値を100℃としたのは、それ未満では、熱処理による強度向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度の上限値を250℃としたのは、それより高いと、熱処理による強度向上効果は飽和するからである。一方、熱処理温度保持時間の下限値を5時間としたのは、それ未満では、熱処理による強度向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度保持時間の上限値を50時間としたのは、それより長時間熱処理しても、強度向上効果は飽和するからである。

【0030】また、更に、本願の請求項11の発明（以下、第11の発明という）に係るMg合金鍛造部材は、少なくともAlとCaとを含有するMg合金鍛造素材を鍛造して得られる鍛造部材であって、150℃において220MPa以上の引張強度を有することを特徴としたものである。

【0031】ここに、150℃における引張強度を220MPa以上としたのは、例えばエンジンのバルブリフ

タなど150℃程度の高温下で一定以上の高い強度（220MPa以上の引張強度）を要する部材・部品等に用いることができるようにするためである。

【0032】また、更に、本願の請求項12に係る発明（以下、第12の発明という）は、上記第11の発明において、上記Mg合金鍛造部材が、内燃機関に組み込まれるバルブリフタであることを特徴としたものである。

【0033】また、更に、本願の請求項13に係る発明（以下、第13の発明という）は、上記第12の発明において、上記バルブリフタの冠面部の鍛造率が20%以上

であることを特徴としたものである。
【0034】ここに、上記バルブリフタの冠面部の鍛造率を20%以上としたのは、高い強度が求められるこの部分について、鍛造前の素材内部の微視的な欠陥を潰して素材を鍛錬する効果を得るためであり、また、所要の引張強度（室温で250MPa以上）を確保するためである。

【0035】また、更に、本願の請求項14に係る発明（以下、第14の発明という）は、上記第13の発明において、上記バルブリフタの冠面部の表面にニッケルメッキ処理が施されていることを特徴としたものである。

【0036】また、更に、本願の請求項15に係る発明（以下、第15の発明という）は、上記第13の発明において、上記バルブリフタの冠面部の表面に鉄（Fe）溶射処理が施されていることを特徴としたものである。

【0037】

【発明の実施の形態】以下、本発明の実施の形態を、添付図面を参照しながら詳細に説明する。図11～図13は、本実施の形態に係るマグネシウム合金鍛造素材を用いて鍛造部材のサンプルを得る方法を模式的に示したものである。本実施の形態では、図1に示すように、縦A

1×横B1×長さL1の直方体状のマグネシウム合金製鍛造素材M1を用意し、図2に示すように、この素材Mの例えば横方向を一对の固定プレートP1で挟んで拘束し、この状態で縦方向（図2における紙面方向）に圧縮荷重を加えて塑性加工（鍛造）を行い、鍛造部材のサンプルを作成した。

【0038】この結果、素材M1の縦方向寸法は、初期のA1からA2に変化し（短くなり）、また、長さは初期のL1からL2に変化する（長くなる）。この場合、

この鍛造による鍛造率は次式①で算出される。

$$\text{鍛造率} = (A1 - A2) / A1 \times 100 [\%] \dots \text{①}$$

尚、本実施の形態では、マグネシウム合金鍛造素材M1の初期（図11参照）の基本寸法を、例えば、 $A1 = A2 = 12 [\text{mm}]$ 、 $L1 = 50 [\text{mm}]$ とした。このようにして得られた鍛造部材サンプルをそれぞれ供試材とし、これら供試材から各種試験に適応した寸法・形状の試験片を切り出して作成し、以下に述べるような各種の試験を行った。

【0039】表1は、本実施の形態に係るマグネシウム合金鍛造素材の特性を調べるための各種試験に用いた試料（本発明実施例1～6及び比較例1～4）の化学成分およびCa/A1比（アルミニウム含有量に対するカルシウム含有量の比率）を示している。つまり、表1に示した各試料（鍛造素材）を用いてそれぞれ鍛造部材のサンプルを製作し、以下に述べるような各種試験に供した。尚、表1において、各数値は重量%を示しており、また、Al（アルミニウム）、Ca（カルシウム）、Mn（マンガン）、Si（珪素）及びその他（不純物）以外の残部は、Mg（マグネシウム）である。

【0040】

【表1】

各試料合金の化学組成及びCa/A1比

(単位:重量%)

	A1	Ca	Mn	Si	その他	Ca/A1
実施例1	2.9	2.8	0.34	0.24	≤0.01	0.97
実施例2	3.9	0.5	0.34	0.18	≤0.01	0.13
実施例3	4.0	2.2	0.30	0.14	≤0.01	0.55
実施例4	4.1	3.2	0.35	0.13	≤0.01	0.78
実施例5	4.1	4.0	0.31	0.15	≤0.01	0.98
実施例6	6.1	3.2	0.31	0.13	≤0.01	0.52
実施例7	2.1	3.2	0.32	0.10	≤0.01	1.52
比較例1	3.9	—	0.30	0.18	≤0.01	0.00
比較例2	4.0	5.1	0.30	0.21	≤0.01	1.28
比較例3	6.9	2.9	0.31	0.18	≤0.01	0.42

残部:Mg

【0041】まず、主要な添加元素であるA1（アルミニウム）、Ca（カルシウム）の含有量が鍛造部材の高温での機械的性質に及ぼす影響を調べる試験を行った。図1および図2は、Ca含有量およびA1含有量が鍛造部材の定常クリープ速度に及ぼす影響を調べた試験結果をそれぞれ示している。尚、これらクリープ試験の試験条件および供試材の設定条件は、以下の通りとした。

- ・試験温度：150℃
- ・荷重条件：100MPa
- ・供試材の鍛造率：50%

【0042】図1の試験結果に示されるように、定常クリープ速度は、Ca量が0.5重量%（本発明実施例2）から4重量%（本発明実施例5）の範囲では、Ca量が増加するに連れて低下しており、この範囲ではCa含有量の増加に伴って耐クリープ特性が向上することが分かった。一方、Ca量が4重量%を越えると（比較例2）、定常クリープ速度は略一定となっており、Ca含有量の増加による耐クリープ特性向上の効果がこの値（4重量%）を超えると飽和することが分かった。尚、Caを全く含まない比較例1の場合には、クリープ速度が定常状態に至らず、試験開始後10[h r]（時間）で試験片が破断しており、対クリープ特性が著しく劣っていることが分かった。

【0043】また、図2の試験結果から良く分かるように、定常クリープ速度は、A1量が6重量%（本発明実施例6）以下の範囲では略一定の低い値に維持されるが、A1量がこの値を超えると急速に上昇している。すなわち、A1含有量を6重量%以下とすることにより、良好な耐クリープ特性が得られることが分かった。

【0044】図3は、高温での引張強度に及ぼすA1含有量の影響を示している。この高温引張試験の試験条件および供試材の設定条件は、以下の通りとした。

- ・試験温度：150℃
- ・供試材の鍛造率：50%

【0045】この図3の試験結果から良く分かるように、高温での引張強度はA1量が3重量%（本発明実施例1）以上の範囲では略一定の高い値に維持され、A1量がこの値を下回って2重量%（本発明実施例7）になると若干の低下傾向を示すようになるが、依然として高い値（220MPa以上）を保っている。すなわち、A1含有量が2重量%以上であれば、高温（150℃）でも十分な引張強度を確保することができ、更に、より好ましくは、3重量%以上であれば、より高い引張強度をより安定して維持できることが分かった。

【0046】この高温引張強度としては、鍛造部材を例えばエンジンのバルブリフタなど、150℃程度の高温雰囲気下で一定以上の高い強度を要する部材・部品等に用いる場合には、実用上、少なくとも220MPa以上を確保することが好ましい。図3の高温引張試験で用いた各試料の場合には、いずれも、150℃の高温雰囲気下で220MPa以上の引張強度を確保することができ、上記のような一定以上の高い強度を要する部材・部品等に対しても十分に適用することができる。

【0047】次に、Ca/A1比がMg合金鍛造素材の鍛造性に及ぼす影響を調べる試験を行った。図4は、高速鍛造を行った場合における割れ発生率に及ぼすCa/A1比の影響を示している。尚、本明細書中において、「高速鍛造」とは、略100[mm/秒]以上の鍛造速

度で行う鍛造を言うものとする。上記図4の高速鍛造試験の試験条件および供試材の設定条件は、以下の通りとした。

- ・鍛造温度：350℃
- ・鍛造速度：400 [mm/秒]
- ・鍛造率：10%、25%、50%の3種類

【0048】図4の試験結果から良く分かるように、Ca/A1比が0.8（本発明実施例4）以下の範囲では、鍛造率の如何に拘わらず、割れ発生率は最高でも0.1%以下と極めて低い値に抑制することができる。一方、Ca/A1比が0.8を越えると（本発明実施例5）、鍛造率が25%及び50%のものについては割れ発生率が急速に高くなる。しかし、鍛造率が10%のものについては、Ca/A1比が0.8以下の場合と同じく、割れの発生は全く認められなかった。以上より、実用性は比較的低いものの鍛造率が10%であれば、Ca/A1比の如何に拘わらず高速鍛造においても割れは発生せず、また、鍛造率が25%以上（25%及び50%）の場合には、Ca/A1比を0.8以下とすることにより、高速鍛造における割れ発生率を極めて低く抑制して、十分な鍛造性を確保できることが分かった。

【0049】尚、上記の高速鍛造試験とは別に、略10 [mm/秒]の低速での鍛造試験（鍛造温度：350℃）を行ったところ、鍛造率が10%の場合は勿論のこと、鍛造率が25%及び50%の場合でも、Ca/A1比の如何に拘わらず割れの発生は全く認められなかった。すなわち、鍛造速度が低い場合には、鍛造率およびCa/A1比の如何に拘わらず割れ発生はなく、鍛造性に何ら問題が無いことが分かった。

【0050】次に、供試材の高温強度（引張強度）および鍛造性（限界据え込み率）に及ぼす熱処理の影響を調べる試験を行った。図5は、鍛造後の熱処理が高温引張強度に及ぼす影響を示している。この図5に示した高温引張試験の試験条件および供試材の設定条件は、以下の通りとした。

- ・試験温度：150℃
- ・供試材の種類：本発明実施例4
- ・供試材の鍛造率：50%
- ・供試材の熱処理条件：熱処理無し／鍛造後に150℃で30時間保持した後空冷

【0051】この試験結果から良く分かるように、鍛造後に熱処理を施すことによって、熱処理を行わなかった場合に比べて、高温（150℃）での引張強度は大幅に高*

$$\text{限界据え込み率} = (L3 - L4) / L3 \times 100 [\%] \cdots \textcircled{2}$$

尚、本実施の形態では、上記試験片M2の初期（図14参照）の基本寸法を、D=16 [mm]、L3=24 [mm]とした。

【0055】図6の試験結果から良く分かるように、熱処理の有無に拘わらず、鍛造温度が略400℃以下の範囲では、鍛造温度が上昇するに連れて限界据え込み率は

* くなっており、鍛造後の熱処理による高温引張強度向上の効果を確認することができた。尚、この高温引張強度としては、上述のように、鍛造部材を例えばエンジンのバルブリフタなど、150℃程度の高温雰囲気下で一定以上の高い強度を要する部材・部品等に用いる場合には、実用上、少なくとも220MPa以上を確保することが好ましいが、図5の試験で示した本発明実施例4の試料の場合には、鍛造後の熱処理の有無に拘わらず、150℃の高温雰囲気下で220MPa以上の引張強度は十分に確保されており、上記のような高温雰囲気下で一定以上の高い強度を要する部材・部品等に対しても十分に適用できることが、改めて確認された。

【0052】上記の鍛造後の熱処理における加熱温度および保持時間としては、熱間鍛造で得られた鍛造部材に、100℃～250℃の温度範囲で5時間～50時間保持することが好ましい。この場合、熱処理温度の下限値を100℃としたのは、それ未満では、熱処理による強度向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度の上限値を250℃としたのは、それより高いと、熱処理による強度向上効果は飽和するからである。一方、熱処理温度保持時間の下限値を5時間としたのは、それ未満では、熱処理による強度向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度保持時間の上限値を50時間としたのは、それより長時間熱処理しても、強度向上効果は飽和するからである。

【0053】また、図6は、鍛造温度および鍛造前熱処理が鍛造時の限界据え込み率に及ぼす影響を示している。この図6に示した限界据え込み率試験の試験条件および供試材の設定条件は、以下の通りとした。

- ・供試材の種類：本発明実施例4
- ・供試材の熱処理条件：熱処理無し／鍛造前に410℃で16時間保持した後空冷

【0054】ここに、限界据え込み率とは、図14に模式的に示すように、直径D×長さL3の円柱状の試験片M2を用意し、この試験片M2に対しその長手方向に圧縮荷重を加えて、図15に模式的に示すように試験片を圧縮変形（変形後の長さL4）させた場合に、当該試験片にクラック（割れ）が発生する限界の据え込み率を言う。上記図14および図15の例で、初期長さL3の試験片M2を長さL4まで圧縮変形させたときに微小クラックが発生したとすると、この場合の限界据え込み率は、次式②で算出される。

高くなっており、この範囲では、鍛造温度を高めることによる鍛造性向上の効果を確認することができた。一方、鍛造温度が400℃を越えると鍛造性向上の効果は飽和し、しかも、酸化し易くなる。従って、鍛造温度としては、400℃以下が好ましく、酸化防止の観点からは350℃以下であることがより好ましい。また、鍛造

前に熱処理を施した場合には、熱処理を行わなかった場合に比べて、限界据え込み率が上昇しており、鍛造前の熱処理による限界据え込み率向上の効果を確認することができた。

【0056】この限界据え込み率としては、一般に、実用上、少なくとも50%以上を確保することが好ましく、特に、鍛造部材を例えばエンジンのバルブリフタなどの一定以上の高い強度を要する部材・部品等に用いる場合には、70%以上を確保することがより好ましい。本発明実施例4の試料の場合には、鍛造前に熱処理を施さなくても、250℃を下回る鍛造温度でも70%以上の限界据え込み率を確保することができ、上記のような一定以上の高い強度を要する部材・部品等に対しても十分に適用することができる。

【0057】上記の鍛造前の熱処理における加熱温度および保持時間としては、上記鍛造素材に、300℃～500℃の温度範囲で5時間～50時間保持する熱処理を施すことが好ましい。この場合、熱処理温度の下限値を300℃としたのは、それ未満では、熱処理による鍛造成形性の向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度の上限値を500℃としたのは、それより高くしても鍛造成形性の向上効果が飽和する上に、酸化や部分的な溶解の起こることが有り、メリットが無いからである。一方、熱処理温度保持時間の下限値を5時間としたのは、それ未満では、熱処理による鍛造成形性の向上効果が小さいからであり、また、熱処理温度保持時間の上限値を50時間としたのは、それより長時間熱処理しても鍛造成形性の向上効果は飽和するからである。

【0058】図7および図8は、鍛造率が鍛造後の比重および室温での引張強度に及ぼす影響をそれぞれ示している。尚、これらの試験では、供試材の種類として本発明実施例4の試料を用いた。図7の試験結果から良く分かるように、鍛造率が略25%以下の範囲では、鍛造率が高まるに連れて比重も高くなるが、鍛造率がこの値(25%)を越えると、鍛造率上昇による比重上昇の効果は飽和している。また、鍛造率10%未満では、鍛造前の素材内部の微視的な欠陥を潰して素材を鍛錬する効果が低いので、鍛造率としては、一般に、実用上、少なくとも10%以上を確保することが好ましく、特に、鍛造部材を例えばエンジンのバルブリフタなどの一定以上の高い強度を要する部材・部品等に用いる場合には、20%以上を確保することがより好ましい。

【0059】また、図8の試験結果に示されるように、室温での引張強度は、鍛造率が上昇するに連れて高くなり、特に、鍛造率が略25%以下の範囲では、この値を越える範囲に比べて、鍛造率上昇による引張強度向上効果が高くなっている。鍛造部材を例えばエンジンのバルブリフタなどの一定以上の高い強度を要する部材・部品等に用いる場合には、常温で250MPa以上の引張強度を確保することが好ましく、このため、鍛造率として

は20%以上を確保することが好ましい。

【0060】更に、図9は、Mg合金鍛造素材の平均結晶粒径が鍛造時の限界据え込み率に及ぼす影響を示している。この図9の限界据え込み試験の試験条件および供試材の設定条件は、以下の通りとした。

・鍛造温度：400℃

・供試材の種類：本発明実施例4

上記図9の試験結果から良く分かるように、鍛造素材の平均結晶粒径が細かいほど、限界据え込み率が高くなっており、50%の限界据え込み率を確保するには、平均結晶粒径を300[μm]以下にすれば良い。

【0061】Mg合金鍛造素材の結晶粒径を細かくする上で、素材を射出成形によって成形することが非常に有効であることが知られている。このように素材を射出成形によって成形することにより、素材の平均結晶粒径を細かくして鍛造性を向上させる(限界据え込み率を高くする)ことができる。しかも、この射出成形で鍛造部材としての最終形状に近い形状に予備成形することにより、後続する鍛造による塑性加工を容易化かつ簡略化することができ、鍛造工程の生産効率を大幅に高めることができる。

【0062】本実施の形態に係るMg合金鍛造素材を用いた鍛造部材をエンジンのバルブリフタに適用することを考えた場合、図16に示すように、バルブリフタWの冠面部Waは、その側面がシリンダヘッドHcと高速で繰り返し摺接し、また、その頂部も、カムSと摺接する調整シムCmと接するので高い耐磨耗性が要求される。そこで、Mg合金鍛造素材を鍛造して形成したバルブリフタWの冠面部Waの側面および頂部表面を含む表面Wfにメッキあるいは溶射等の表面処理を施してエンジンに組み込み、所謂モータリング試験を行った。このモータリング試験の試験条件および供試材の設定条件は、以下の通りとした。

・エンジン回転数：3000[rpm] (カムシャフト回転数：1500[rpm])

・試験時間：100時間

バルブリフタ冠面部の表面処理：表面処理無し/Niメッキ/Fe溶射

【0063】上記モータリング試験の試験結果を図10に示す。この図10のグラフにおいて、バルブリフタ冠面にNiメッキ処理またはFe溶射処理を施した場合の磨耗量は、表面処理を全く行わなかった場合の磨耗量を基準(1)として表示されている。上記図10の試験結果から良く分かるように、バルブリフタ冠面にNiメッキ処理またはFe溶射処理を施すことにより、何らの表面処理を行わなかった場合に比べて、磨耗量が著しく少なくなっており、耐磨耗性が大幅に向上している。上記のような表面処理を行うに際して、メッキ処理は電気メッキあるいは無電解メッキのいずれでも良く、また、Niメッキの代わりに、P(燐)含有量の高いNi-Pメ

ッキを施すようにしても良い。

【0064】尚、本発明は、以上の実施態様に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲において、種々の改良あるいは設計上の変更が可能であることは言うまでもない。

【0065】

【発明の効果】本願の第1の発明に係るMg合金鍛造素材によれば、70%以上の限界据え込み率を有しているので、Mg合金鍛造素材を鍛造して得られる鍛造部材を、例えばエンジンのバルブリフタなど一定以上の高い強度を要する部材・部品等に対して適用することができる。また、この場合において、鍛造温度が300℃であるので、鍛造温度の上昇による鍛造性向上効果が飽和する温度よりも低く、従って経済的であり、かつ、高温酸化が問題となる400℃よりも十分に低いので、高温での酸化による悪影響も回避できる。

【0066】また、本願の第2の発明に係るMg合金鍛造素材によれば、2重量%以上のAlを含有しているので、高温(150℃)で十分な引張強度(220MPa以上)を確保することができ、また、0.5重量%以上のCaを含有し、かつ、Al含有量が6重量%以下であるので、良好な耐クリープ性を確保することができる。この場合において、Ca含有量は4重量%以下であるので、Ca量増加による耐クリープ特性向上の効果をj得る上で経済的である。更に、鍛造素材の平均結晶粒径が300μm以下であるので、所要の(50%以上の)限界据え込み率を確保することができる。

【0067】更に、本願の第3の発明によれば、基本的には、上記第1または第2の発明と同様の効果を奏することができる。しかも、その上、Al含有量に対するCa含有量の比率(Ca/Al比)が0.8以下であるので、所要の鍛造率(50%)を確保した上で、高速鍛造においても割れ発生率を極めて低く抑えることができ、良好な鍛造性を得ることができる。

【0068】また、更に、本願の第4の発明によれば、基本的には、上記第1～第3の発明のいずれか一同様の効果を奏することができる。特に、鍛造加工に先立って射出成形にて所定形状に予備成形されているので、鍛造素材を射出成形によって成形するで素材の平均結晶粒径を細かくして鍛造性を向上させる(限界据え込み率を高くする)ことができる。しかも、この射出成形で鍛造部材としての最終形状に近似した形状に予備成形することにより、後続する鍛造による塑性加工を容易化かつ簡略化することができ、鍛造工程の生産効率を大幅に高めることができる。

【0069】また、更に、本願の第5の発明によれば、Mg合金鍛造素材が、2重量%以上のAlを含有しているので、これを熱間鍛造することにより、高温(150℃)で十分な引張強度(220MPa以上)を確保することができ、また、0.5重量%以上のCaを含有し、

かつ、Al含有量が6重量%以下であるので、良好な耐クリープ性を確保することができる。この場合において、Ca含有量は4重量%以下であるので、Ca量増加による耐クリープ特性向上の効果をj得る上で経済的である。

【0070】また、更に、本願の第6の発明によれば、基本的には、上記第5の発明と同様の効果を奏することができる。しかも、その上、Al含有量に対するCa含有量の比率(Ca/Al比)が0.8以下であるので、所要の鍛造率(50%)を確保した上で、高速鍛造においても割れ発生率を極めて低く抑えることができ、良好な鍛造性を得ることができ、また、400[mm/秒]以上の鍛造速度で熱間鍛造するので、例えば自動車用エンジンのバルブリフタなどの機構部品等の部品類を製造するに際して、十分に高い生産性を確保することができる。

【0071】また、更に、本願の第7の発明によれば、基本的には、上記第5または第6の発明と同様の効果を奏することができる。特に、上記熱間鍛造における鍛造温度が250℃～400℃の範囲であるので、良好な限界据え込み率(70%以上)を確保して、例えばエンジンのバルブリフタなど一定以上の高い強度を要する部材・部品等にも適用することができ、また、鍛造温度の上限値を400℃であるので、鍛造温度の上昇による鍛造性向上の効果をj得る上で経済的であり、しかも、高温酸化による悪影響の回避も図ることができる。

【0072】また、更に、本願の第8の発明によれば、基本的には、上記第5～第7の発明のいずれか一同様の効果を奏することができる。特に、上記熱間鍛造に先立って上記鍛造素材に熱処理を施すようにしたので、限界据え込み率をより高めることができる。

【0073】また、更に、本願の第9の発明によれば、基本的には、上記第5～第8の発明のいずれか一同様の効果を奏することができる。特に、上記熱間鍛造における鍛造率が10%以上であるので、鍛造前の素材内部の微視的な欠陥を潰して素材を実用上有効に鍛錬する効果をj得るることができる。

【0074】また、更に、本願の第10の発明によれば、基本的には、上記第5～第9の発明のいずれか一同様の効果を奏することができる。特に、上記熱間鍛造で得られた鍛造部材に熱処理を施すようにしたので、高温(150℃)での引張強度を高めることができる。

【0075】また、更に、本願の第11の発明に係るMg合金鍛造部材によれば、150℃において220MPa以上の引張強度を有しているので、例えばエンジンのバルブリフタなど150℃程度の高温下で一定以上の高い強度(220MPa以上の引張強度)を要する部材・部品等に対して適用することができる。

【0076】また、更に、本願の第12の発明によれば、基本的には、上記第11の発明と同様の効果を奏す

ることができる。特に、上記Mg合金鍛造部材が、内燃機関に組み込まれるバルブリフタであるので、バルブリフタを鍛造によって製造するに際して、150℃程度の高温下で一定以上の高い強度(220MPa以上の引張強度)を付与することができる。

【0077】また、更に、本願の第13の発明によれば、基本的には、上記第12の発明と同様の効果を奏することができる。特に、上記バルブリフタの冠面部の鍛造率が20%以上であるので、より高い強度が求められるこの部分について、鍛造前の素材内部の微視的な欠陥を潰して素材を鍛錬する効果を得ることができ、また、所要の引張強度(室温で250MPa以上)を確保することができる。

【0078】また、更に、本願の第14の発明によれば、基本的には、上記第13の発明と同様の効果を奏することができる。特に、上記バルブリフタの冠面部の表面にニッケルメッキ処理が施されているので、相手側部材と繰り返し摺接するこの部分に対して十分に高い耐磨耗性を付与することができる。

【0079】また、更に、本願の第15の発明によれば、基本的には、上記第13の発明と同様の効果を奏することができる。特に、上記バルブリフタの冠面部の表面に鉄(Fe)溶射処理が施されているので、相手側部材と繰り返し摺接するこの部分に対して十分に高い耐磨耗性を付与することができる。

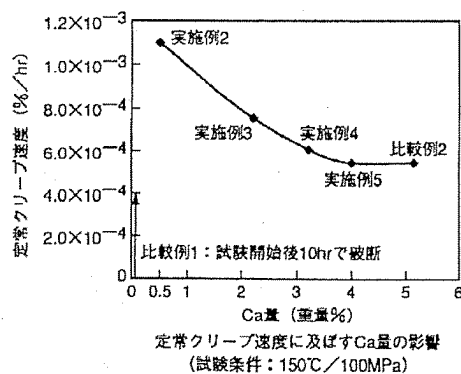
【図面の簡単な説明】

【図1】 マグネシウム合金鍛造部材の定常クリープ速度に及ぼすカルシウム含有量の影響を示すグラフである。

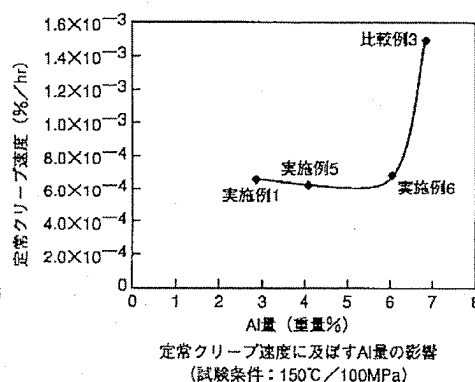
【図2】 マグネシウム合金鍛造部材の定常クリープ速度に及ぼすアルミニウム含有量の影響を示すグラフである。

【図3】 マグネシウム合金鍛造部材の高温引張強度に及ぼすアルミニウム含有量の影響を示すグラフである。*

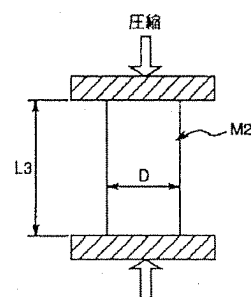
【図1】



【図2】



【図14】



*【図4】 高速鍛造における割れ発生率に及ぼすCa/A1火の影響を示すグラフである。

【図5】 鍛造後の熱処理が高温引張強度に及ぼす影響を示すグラフである。

【図6】 限界据え込み率に及ぼす鍛造温度と鍛造前熱処理の影響を示すグラフである。

【図7】 鍛造後の比重に及ぼす鍛造率の影響を示すグラフである。

【図8】 室温での引張強度に及ぼす鍛造率の影響を示すグラフである。

【図9】 限界据え込み率に及ぼす鍛造素材の平均結晶粒径の影響を示すグラフである。

【図10】 マグネシウム合金鍛造部材製バルブリフタのモータリング試験後の磨耗量を示すグラフである。

【図11】 本実施の形態に係るマグネシウム合金鍛造素材の斜視図である。

【図12】 上記マグネシウム合金鍛造素材の鍛造工程を模式的に示す説明図である。

【図13】 上記鍛造工程後のマグネシウム合金鍛造部材サンプルの説明図である。

【図14】 本実施の形態に係るマグネシウム合金製鍛造素材の限界据え込み率試験の初期状態を示す説明図である。

【図15】 上記限界据え込み率試験の鍛造時におけるマグネシウム合金製鍛造素材を模式的に示す説明図である。

【図16】 本実施の形態に係るバルブリフタの要部を示す部分断面説明図である。

【符号の説明】

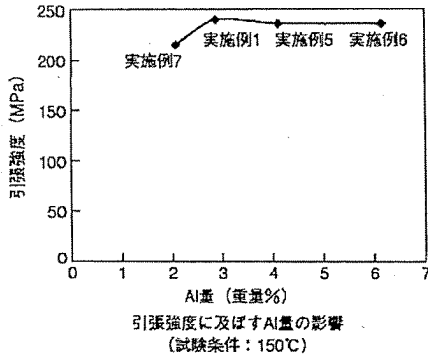
M1、M2…Mg合金鍛造素材

W…バルブリフタ

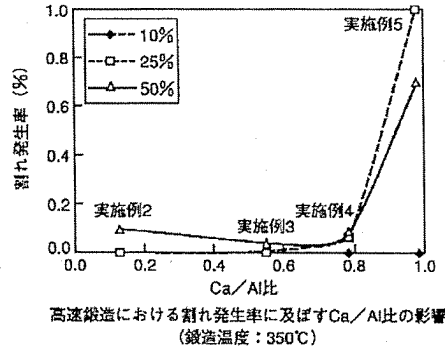
Wa…バルブリフタの冠面部

Wf…冠面部の表面

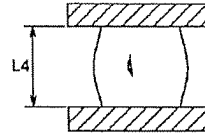
【図3】



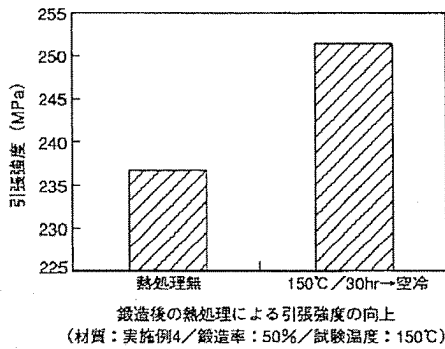
【図4】



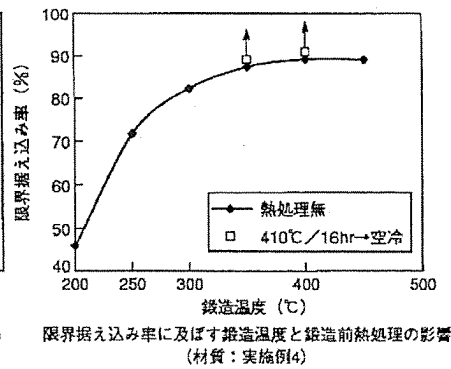
【図15】



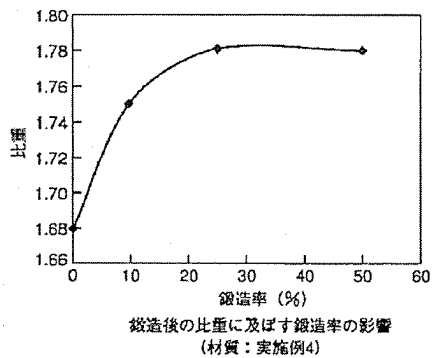
【図5】



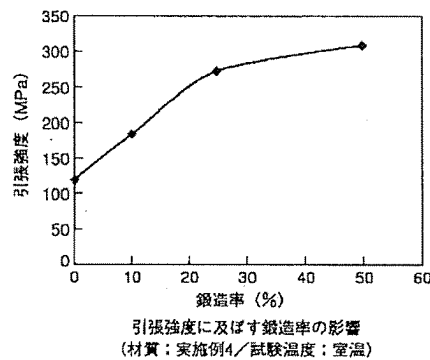
【図6】



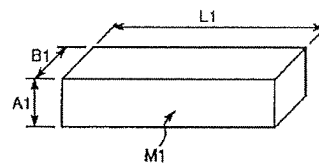
【図7】



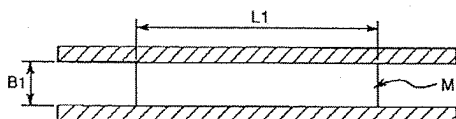
【図8】



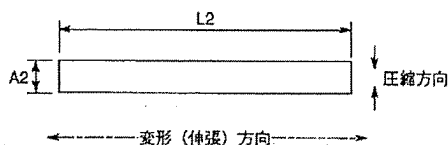
【図11】



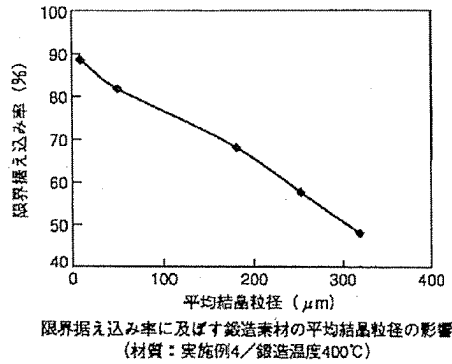
【図12】



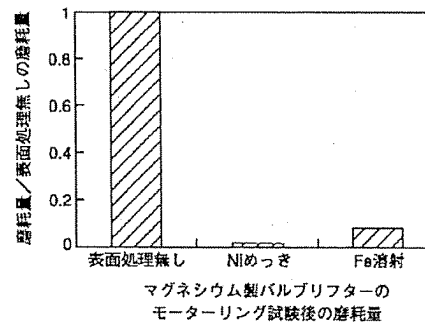
【図13】



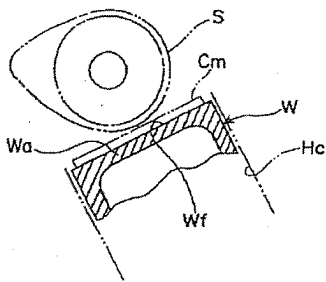
【図9】



【図10】



【図16】



フロントページの続き

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード (参考)
// C 2 2 F 1/00	6 3 0	C 2 2 F 1/00	6 3 0 K
	6 5 0		6 5 0 A
	6 8 2		6 8 2
	6 8 3		6 8 3
	6 9 1		6 9 1 B
			6 9 1 C
	6 9 4		6 9 4 A
			6 9 4 B
			6 9 4 Z

(72)発明者 石田 恭聡
 広島県安芸郡府中町新地3番1号 マツダ
 株式会社内

Fターム(参考) 3G016 AA19 BB04 EA07 EA08 FA04
 FA16 FA22 FA23 GA00 GA02
 GA05
 4E087 AA05 AA10 BA01 BA03 CA31
 CB01 CB04 CB12 DB11 DB14
 DB18 DB22 EC01 HA13 HA67
 HA82